



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104380600 B

(45)授权公告日 2018.03.16

(21)申请号 201380028505.2

(22)申请日 2013.05.30

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104380600 A

(43)申请公布日 2015.02.25

(30)优先权数据

61/654,633 2012.06.01 US

13/826,265 2013.03.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.11.28

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/043442 2013.05.30

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/181445 EN 2013.12.05

(73)专利权人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 X·王 X·张 M·G·迪基克

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 唐杰敏

(51)Int.Cl.

H03H 7/25(2006.01)

(56)对比文件

US 5034698 A, 1991.07.23,

US 6344780 B1, 2002.02.05,

CN 201238286 Y, 2009.05.13,

US 5034698 A, 1991.07.23,

审查员 张帅领

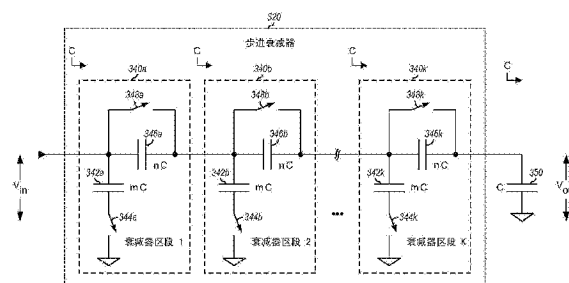
权利要求书2页 说明书11页 附图8页

(54)发明名称

具有恒定输入电容的步进衰减器

(57)摘要

公开了具有恒定输入电容的步进衰减器(320)。在示例性设计中,一种装置包括针对不同衰减量具有恒定输入电容的步进衰减器(320)。该步进衰减器(320)接收输入信号(V_{in})、提供对输入信号的可变衰减量、并提供输出信号(V_{out})。该步进衰减器(320)可包括串联耦合的多个衰减器区段(340a-340k)。每个衰减器区段(340a-340k)可包括串联的多个电容器(342a-342k; 346a-340k)和分流配置。开关(344a-344k; 348a-348k)分别与分流电容器(342a-342k)串联和与串联电容器(346a-346k)并联。该多个衰减器区段(340a-340k)中的至少一个被选择以获得步进衰减器的所选衰减量。衰减器区段(340a-340k)在被选择时可提供预定的衰减量或可变的衰减量。该装置还包括功率检测器,其从步进衰减器接收输出信号并确定该输出信号的功率。



1. 一种用于信号处理的装置,包括:

步进衰减器,配置成接收输入信号、提供对所述输入信号的可变衰减量、并且提供输出信号,所述步进衰减器针对不同的衰减量具有恒定的输入电容,其中所述步进衰减器包括多个衰减器区段并且其中所述多个衰减器区段中的至少一个衰减器区段包括:

串联地耦合的分流电容器和第一开关,所述分流电容器具有第一电容值;以及

并联地耦合并且在所述至少一个衰减器区段的输入和输出之间的串联电容器和第二开关,所述串联电容器具有第二电容值;

其中所述多个衰减器区段被串联耦合,每一个衰减器区段包括多个电容器并具有恒定的输入电容,所述至少一个衰减器区段被选择或不被选择以获得所述步进衰减器的所选衰减量,

其中所述第一和第二电容值被选择成获得所述恒定的输入电容和每一个衰减器区段的目标衰减量。

2. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,还包括:

功率检测器,其耦合到所述步进衰减器并被配置成接收所述输出信号和确定所述输出信号的功率。

3. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述分流电容器和所述第一开关串联地耦合在所述至少一个衰减器区段的输入与电路接地之间。

4. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述多个衰减器区段包括多个具有相同的第一电容值的分流电容器和多个具有相同的第二电容值的串联电容器。

5. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述多个衰减器区段包括多个具有不同的第一电容值的分流电容器和多个具有不同的第二电容值的串联电容器。

6. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述至少一个衰减器区段包括至少一个可调衰减器区段,其中所述分流电容器包括:可变分流电容器并且其中所述串联电容器包括可变串联电容器。

7. 如权利要求6所述的装置,其特征在于,所述可变分流电容器被设为第一组电容值中的一个且所述可变串联电容器被设为第二组电容值中的一个,所述第一组中的每一个电容值与所述第二组中的一个电容值成对。

8. 如权利要求7所述的装置,其特征在于,每一个可调衰减器区段支持多个不同的衰减量,所述多个不同的衰减量通过用所述可变分流电容器的所述第一组电容值和所述可变串联电容器的所述第二组电容值形成的多对电容值来确定。

9. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述多个衰减器区段包括至少一个第一衰减器区段和至少一个第二衰减器区段,每一个第一衰减器区段在被选择时提供预定的衰减量,每一个第二衰减器区段在被选择时提供多个不同的衰减量中的一个。

10. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述至少一个衰减器区段被配置成始终提供固定的或可变的衰减量的衰减器区段。

11. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述步进衰减器包括:

包括耦合为分压网络的至少两个电容器的输入区段,所述输入区段提供固定的衰减量。

12. 一种用于信号处理的设备,包括:

用于衰减输入信号以获得输出信号的装置,所述用于衰减的装置提供对所述输入信号的可变衰减量并且针对不同的衰减量具有恒定的输入电容,其中用于衰减的装置包括至少一个衰减器区段,所述至少一个衰减器区段包括分流电容器和串联电容器;

用于选择性地将所述分流电容器与电路接地耦合的装置;

用于选择性地将所述串联电容器短路的装置;以及

用于选择所述用于衰减的装置的多个衰减器区段中的至少一个以获得对所述输入信号的所选衰减量的装置,每一个衰减器区段具有所述恒定的输入电容。

13. 如权利要求12所述的设备,其特征在于,还包括:

用于检测所述输出信号的功率的装置。

14. 如权利要求12所述的设备,其特征在于,所述分流电容器包括可变分流电容器并且所述串联电容器包括可变串联电容器,所述设备还包括:

用于为所述可变分流电容器选择第一组电容值中的一个以获得对所述输入信号的所选衰减量的装置,以及

用于为所述可变串联电容器选择第二组电容值中的一个以获得对所述输入信号的所选衰减量的装置。

具有恒定输入电容的步进衰减器

[0001] 本申请要求2012年6月1日提交的题为“STEP ATTENUATOR WITH CONSTANT INPUT CAPACITANCE”(具有恒定输入电容的步进衰减器)的美国临时申请序列号[121252P1]的优先权,该临时申请被转让给本申请的受让人并通过引用整体纳入于此。

[0002] 背景

[0003] I. 领域

[0004] 本公开一般地涉及电子器件,且更具体地涉及步进衰减器。

II. 背景技术

[0005] 衰减器是接收和衰减/减小输入信号并提供作为输入信号的经衰减/较小版本的输出信号的电路。步进衰减器是例如以离散步长提供可变衰减量的衰减器。步进衰减器可被设计为以射频(RF)操作并可接收输入RF信号和提供输出RF信号。RF步进衰减器可用于各种电子设备,诸如无线通信设备。举例而言,RF步进衰减器可用在发射机或接收机中将以RF信号的一部分耦合到RF功率检测器。RF步进衰减器可以在必要时衰减RF信号,从而将在期望功率电平范围内的经衰减RF信号提供给RF功率检测器。这可避免对RF功率检测器的损坏并且还可提高来自RF功率检测器的功率测量的准确性。

[0006] 概述

[0007] 本文公开了具有恒定输入电容并且具有良好性能的步进衰减器。步进衰减器的恒定输入电容即使在步进衰减器提供不同衰减量的情况下也可导致步进衰减器较少地影响耦合到步进衰减器的其他电路的输入匹配。

[0008] 在示例性设计中,一种装置包括针对不同衰减量具有恒定输入电容的步进衰减器。该步进衰减器接收输入信号、提供对输入信号的可变衰减量、并且提供输出信号。该装置还可包括耦合到步进衰减器的功率检测器。该功率检测器可接收该输出信号并确定该输出信号的功率。

[0009] 在示例性设计中,步进衰减器可包括多个串联耦合的衰减器区段。每个衰减器区段可包括多个电容器并可具有恒定输入电容。该多个衰减器区段中的至少一个可被选择或不被选择以获得步进衰减器的所选衰减量。一般而言,每个衰减器区段可以是固定衰减器区段、或可调衰减器区段、或始终被选择的衰减器区段。固定衰减器区段在被选择时可提供预定的衰减量。可调衰减器区段在被选择时可提供可变衰减量。始终被选择的衰减器区段可在所有时间提供固定的或可变的衰减量。

[0010] 在一种设计中,每一个衰减器区段可提供分流电容器、串联电容器、以及第一和第二开关。分流电容器和第一开关可串联地耦合在衰减器区段的输入与电路接地之间。串联电容器和第二开关可并联地耦合在衰减器区段的输入与输出之间。可选择每一个衰减器区段中的分流电容器和串联电容器的电容值以(i)在该衰减器区段被选择时由该衰减器区段提供目标衰减量和(ii)无论该衰减器区段是否被选择均提供恒定的输入电容。

[0011] 下面更详细地描述本公开的各种方面和特征。

[0012] 附图简述

[0013] 图1示出无线通信设备的框图。

[0014] 图2示出RF功率测量模块的框图。

[0015] 图3-6示出具有恒定输入电容的步进衰减器的四种示例性设计。

[0016] 图7示出RF功率检测器的示意图。

[0017] 图8示出用于执行信号衰减和功率检测的过程。

[0018] 详细描述

[0019] 以下阐述的详细描述旨在作为本公开的示例性设计的描述,而无意表示可在其中实践本公开的仅有设计。术语“示例性”在本文中用于表示“用作示例、实例或解说”。本文中描述为“示例性”的任何设计不必被解释为优于或胜过其他设计。本详细描述包括具体细节以提供对本公开的示例性设计的透彻理解。对于本领域技术人员将明显的是,没有这些具体细节也可实践本文描述的示例性设计。在一些实例中,公知的结构和器件以框图形式示出以免湮没本文中给出的示例性设计的新颖性。

[0020] 本文中公开了具有恒定输入电容并具有良好的性能的步进衰减器。步进衰减器可用于各种电子设备,诸如无线通信设备、个人数字助理(PDA)、手持设备、无线调制解调器、智能电话、膝上型计算机、智能本、上网本、平板设备、无绳电话、无线本地环路(WLL)站、蓝牙设备、消费者电子设备等。为了清楚起见,下面描述了将步进衰减器用于无线通信设备。

[0021] 图1示出了无线通信设备100的示例性设计的框图。在此设计中,无线设备100包括数据处理器/控制器110和耦合到天线148的收发机120。收发机120包括支持双向无线通信的发射机130和接收机150。一般而言,无线设备100可包括用于任何数量的通信系统、任何数量的频带和任何数量的天线的任何数量的发射机和任何数量的接收机。

[0022] 在发射路径中,数据处理器110可处理待传送的数据并向发射机130提供模拟输出基带信号。在发射机130内,模拟输出基带信号可由放大器(Amp) 132放大、由低通滤波器134滤波以移除由数模转换导致的镜频、由可变增益放大器(VGA) 136放大、和由上变频器138从基带上变频到RF。经上变频的信号可由滤波器140滤波并由功率放大器(PA) 142放大以获得具有合适的输出功率电平的发射RF信号。发射RF信号可被路由通过定向耦合器144和天线接口电路146并经由天线148发射。

[0023] 在接收路径中,天线148可从基站和/或其他发射机站接收信号并可提供所接收到的RF信号,该RF信号可被路由通过天线接口电路146并提供给接收机150。在接收机150内,所接收到的RF信号可由低噪声放大器(LNA) 152放大、由带通滤波器154滤波、和由下变频器156从RF下变频到基带。经下变频的信号可由VGA 158放大、由低通滤波器160滤波、和由放大器162放大以获得模拟输入基带信号,该模拟输入基带信号可被提供给数据处理器110。

[0024] 发射(TX) LO生成器170可为上变频器138生成发射LO信号。接收(RX) LO生成器174可为下变频器156生成接收LO信号。锁相环(PLL) 172和176可从数据处理器110接收控制信息并分别向LO生成器170和174提供控制信号以生成处于合适频率的发射和接收LO信号。

[0025] 步进衰减器180可从定向耦合器144接收一个或多个RF信号。举例而言,步进衰减器180可接收定向耦合器144的输入端口处的输入RF信号、输出端口处的输出RF信号、所耦合端口处的所耦合RF信号、和/或反射端口处的反射RF信号。步进衰减器180可衰减每一个RF信号并将相应的经衰减RF信号提供给功率检测器182。功率检测器182可测量从步进衰减器180接收的每一个经衰减RF信号的功率。步进衰减器184可从天线接口电路146接收到接

收机输入RF信号并将经衰减RF信号提供给功率检测器186。步进衰减器184可耦合到LNA 152的输入(如图1所示)、或LNA 152的输出(图1中未示出)、或接收路径中的某个点。功率检测器186可测量从步进衰减器184接收的经衰减RF信号的功率。来自功率检测器182和/或186的功率测量可用来控制收发机120的操作。

[0026] 一般而言,步进衰减器和功率检测器可在收发机中的任何点进行功率测量。功率测量可用于各种目的,诸如调整发射RF信号的发射功率、确定天线阻抗、调谐一个或多个匹配网络(例如,PA 142和天线148之间的匹配网络)等。

[0027] 图1示出了发射机130和接收机150的示例性设计。一般而言,发射机和接收机中的信号调理可由放大器、滤波器、混频器等的一个和多个级来执行。这些电路可安排得不同于图1中示出的配置。此外,图1中未示出的其他电路也可用在发射机和接收机中。举例而言,匹配电路可用来匹配图1中的各种有源电路。也可省略图1中的一些电路。收发机120的全部或部分可实现在一个或多个模拟IC、RF IC(RFIC)、混合信号IC等上。举例而言,步进衰减器180和/或184以及功率检测器182和/或186可实现在RFIC上。

[0028] 数据处理器/控制器110可执行无线设备100的各种功能,例如,处理由无线设备100传送的数据和接收的数据。存储器112可存储供数据处理器110用的程序代码和数据。数据处理器/控制器110可实现在一个或多个专用集成电路(ASIC)和/或其他IC上。

[0029] 图2示出了RF功率测量模块200的示例性设计的框图。模块200包括步进衰减器220和功率检测器230。功率检测器230包括RF功率检测器240和基带滤波器/放大器250。步进衰减器220可对应于图1中的步进衰减器180或184。功率检测器230可对应于图1中的功率检测器182或186。

[0030] 在图2中所示的示例性设计中,天线调谐网络210可从PA 260接收发射RF信号并可将发射RF信号的一部分耦合到步进衰减器220。天线调谐网络210可以是图1中的天线接口电路146的一部分,且PA 260可以对应于图1中的PA 142。在图2中未示出的另一个示例性设计中,定向耦合器可将发射RF信号的一部分从PA 260耦合到步进衰减器220。在这两个设计中,步进衰减器220均可从PA 260接收包括发射RF信号的一部分的输入RF信号。步进衰减器220可衰减输入RF信号并将输出RF信号提供给RF功率检测器240。RF功率检测器240可检测来自步进衰减器220的输出RF信号的功率并可提供指示输出RF信号的功率的包络信号。滤波器/放大器250可滤波和放大包络信号并提供功率检测器输出信号。

[0031] 如图2中所示,RF功率检测器240可具有输入阻抗 Z_{det} ,该输入阻抗可在很大程度上由RF功率检测器240的输入电容 C_{det} 确定,或即 $Z_{\text{det}} \approx X_{\text{det}}$,其中 $X_{\text{det}} = \frac{1}{j\omega \cdot C_{\text{det}}}$ 是由于RF功

率检测器240的输入电容而产生的电抗。还如图2中所示,步进衰减器220可具有输入阻抗 Z_{in} ,该输入阻抗可在很大程度上由步进衰减器220的输入电容 C_{in} 确定,或即 $Z_{\text{in}} \approx X_{\text{in}}$,其中

$X_{\text{in}} = \frac{1}{j\omega \cdot C_{\text{in}}}$ 是由于步进衰减器220的输入电容而产生的电抗。

[0032] 步进衰减器220可被设计为使得其输入电容大致等于RF功率检测器240的输入电容,或即 $C_{\text{in}} \approx C_{\text{det}}$ 。这将导致步进衰减器220对天线调谐网络210和RF功率检测器240之间的输入匹配具有可忽略的影响。步进衰减器220也可被设计为使得其输入电容相对于衰减大致恒定,或即对于由步进衰减器220提供的不同衰减量而言 $C_{\text{in}} \approx C_{\text{det}}$ 。这会导致对于不同衰

减量而言,步进衰减器220对天线调谐网络210和RF功率检测器240之间的输入匹配具有可忽略的影响。

[0033] 步进衰减器220也可被设计为具有以下期望特性:

[0034] 1.高电压处理能力,

[0035] 2.良好的线性,

[0036] 3.宽带操作,以及

[0037] 4.无论衰减量如何均在其输入处呈现固定的电容。

[0038] 具有恒定输入电容和良好性能的步进衰减器可以按各种方式实现。恒定输入电容可由输入电容在预定的值范围内、或由诸如S11之类的参数在预定范围内、或基于一些其他准则来量化。下面描述了这样的步进衰减器的一些示例性设计。

[0039] 图3示出了具有恒定输入电容的步进衰减器320的示例性设计。步进衰减器320可用于图1中的步进衰减器180或184或者图2中的步进衰减器220。在图3中所示的设计中,步进衰减器320包括串联耦合的K个衰减器区段340a到340k,其中K可以是任何整数值。每一个衰减器区段340包括(i)分流电容器342和开关344的串联组合以及(ii)串联电容器346和开关348的并联组合。在第一衰减器区段340a内,电容器342a的一端耦合到衰减器区段340a的输入且另一端耦合到开关344a的一端。开关344a的另一端耦合到电路接地。电容器346a耦合在衰减器区段340a的输入和输出之间。开关348a也耦合在衰减器区段340a的输入和输出之间。其余衰减器区段340b到340k中的每一个可包括电容342和346及开关344和348,它们可如针对第一衰减器区段340a所描述的那样耦合。

[0040] 步进衰减器320内的每一个衰减器区段340可在任何给定时刻被选择/启用或者不被选择/禁用。每一个衰减器区段340可通过闭合分流开关344和断开串联开关348而被选择。这导致电容器342被耦合在衰减器区段的输入和电路接地之间且电容器344被耦合在衰减器区段的输入和输出之间。每一个衰减器区段340可通过断开串联开关344和闭合分流开关348而不被选择。这导致衰减器区段的输入和输出被短接且分流电容器342浮置而不耦合到电路接地。

[0041] 如图3中所示,步进衰减器320可观察来自电容器350的负载电容C,该负载电容C可对耦合到步进衰减器320的RF功率检测器的输入电容进行建模。步进衰减器320可具有大致为C的输入电容,该输入电容可被选择成匹配步进衰减器320的负载电容。

[0042] 在一种设计中,每一个衰减器区段340中的电容器342和346的电容值可被选择成(i)在该衰减器区段被选择时提供目标量的衰减和(ii)无论该衰减器区段是否被选择均在该衰减器区段的输入处提供固定电容C。特性(ii)可假定每一个衰减器区段340观察到负载电容C,该负载电容可对应于RF功率检测器的输入电容或后续衰减器区段340的输入电容。特性(ii)可保证每一个衰减器区段340可以向在前衰减器区段或天线调谐网络提供负载电容C。

[0043] 在图3中所示的设计中,每一个衰减器区段340可包括具有电容 $m \cdot C$ 的分流电容器342和具有电容 $n \cdot C$ 的串联电容器346,其中m表示分流电容器342的大小且n表示串联电容器346的大小。每一个衰减器区段340可被设计为提供G分贝(dB)的衰减。于是,每一个衰减器区段340中的电容器342和346的电容大小m和n可表达为:

[0044] $n = 10^{G/20} - 1$, 式(1)和

$$[0045] \quad m = \frac{1}{n+1} \quad \text{式 (2)}$$

[0046] 在图3中所示的设计中,步进衰减器320的K个衰减器区段340a到340k提供同样的衰减量。在此设计中,K个衰减器区段340a到340K对于分流电容器342可具有相同电容器大小 $m \cdot C$ 且对于串联电容器346可具有相同电容器大小 $n \cdot C$ 。

[0047] 步进衰减器320可以通过选择不同数量的衰减器区段340来提供不同衰减量。最小衰减量可通过不选择衰减器区段来获得。在此情形中,所有K个衰减器区段340a到340k中的分流电容器342a到342k浮置,且所有K个衰减器区段340a到340k中的串联电容器346a到346k被短路。最大衰减量可通过选择所有K个衰减器区段340a到340k来获得。在此情形中,所有K个衰减器区段340a到340k中的分流电容器342a到342k被短接到地,且所有K个衰减器区段340a到340k中的串联电容器346a到346k被连接在步进衰减器320的输入和输出之间。其他衰减量可通过选择衰减器区段340的其他组合来获得。

[0048] 图4示出了具有恒定输入电容的步进衰减器420的示例性设计。步进衰减器420也可用于图1中的步进衰减器180或184或者图2中的步进衰减器220。在图4中所示的设计中,步进衰减器420包括串联耦合的K个衰减器区段440a到440K,其中K可以是任何整数值。每一个衰减器区段440包括(i)分流电容器442和开关444的串联组合以及(ii)串联电容器446和开关448的并联组合,其如以上针对图3所述地耦合。

[0049] 在图4中所示的设计中,第k个衰减器区段中的分流电容器442可具有电容 $m_k \cdot C$,其中 $k=1, \dots, K$,且第k个衰减器区段中的串联电容器446可具有电容 $n_k \cdot C$,其中 m_k 表示第k个衰减器区段的分流电容器442的大小,且 n_k 表示第k个衰减器区段的串联电容器446的大小。第k个衰减器区段可被设计为提供 G_k dB的衰减。第k个衰减器区段中的电容器442和446的电容器大小 m_k 和 n_k 可表达为:

$$[0050] \quad n_k = 10^{G_k/20} - 1 \quad , \quad \text{式 (3) 和}$$

$$[0051] \quad m_k = \frac{1}{n_k + 1} \quad \text{式 (4)}$$

[0052] 在图4中所示的设计中,当这些衰减器区段被选择时,不同的衰减器区段440可提供不同的衰减量。K个衰减器区段440a到440k对于分流电容器442可具有不同电容大小以及对于串联电容器446也可具有不同电容大小。每一个衰减器区段的电容器大小 m_k 和 n_k 可基于由该衰减器区段提供的衰减量 G_k 来确定,例如如式(3)和(4)中所示。

[0053] 步进衰减器420可以通过选择不同数量的衰减器区段440或衰减器区段440的不同组合来提供不同衰减量。最小衰减量可通过不选择衰减器区段来获得。在此情形中,所有K个衰减器区段440a到440k中的分流电容器442a到442k浮置,且所有K个衰减器区段440a到440k中的串联电容器446a到446k被短路。最大衰减量可通过选择所有K个衰减器区段440a到440k来获得。在此情形中,所有K个衰减器区段440a到440k中的分流电容器442a到442k被短接到地,且所有K个衰减器区段440a到440k中的串联电容器446a到446k被连接在步进衰减器420的输入和输出之间。其他衰减量可通过选择衰减器区段440的其他组合来获得。

[0054] 图5示出了具有恒定输入电容的步进衰减器520的示例性设计。步进衰减器520也可用于图1中的步进衰减器180或184或者图2中的步进衰减器220。在图5中所示的设计中,

步进衰减器520包括输入区段530和单个衰减器区段540。输入区段530包括耦合为分压网络的电容器532和534。电容器532耦合在输入区段530的输入和输出之间。电容器534耦合在输入区段530的输出和电路接地之间。衰减器区段540包括 (i) 可变分流电容器542和开关544的串联组合以及 (ii) 可变串联电容器546和开关548的并联组合,其如以上针对图3所述地耦合。

[0055] 在一种设计中,每一个可变电容器542或546可用一组可开关电容器来实现。每一个可开关电容器可包括与开关串联耦合的电容器。每一个可开关电容器可通过闭合开关而被选择并且可通过断开开关而不被选择。可开关电容器可具有用于温度计解码的相同电容或用于二进制或几何加权的不同电容。可变电容器542或546的期望电容可通过选择合适数量的可开关电容器或可开关电容器的合适组合来获得。

[0056] 在一种设计中,可变分流电容器542可被设为第一组L个不同电容 $m_1 \cdot C$ 到 $m_L \cdot C$ 中的一个,其中L可以是任何整数值。可变串联电容器546也可被设为第二组L个不同电容 $n_1 \cdot C$ 到 $n_L \cdot C$ 中的一个。第一组中的第i个电容可与第二组中的第i个电容成对。因此,对于 $i = 1, \dots, L$,第一组中的电容 $m_i \cdot C$ 可与第二组中的电容 $n_i \cdot C$ 成对。可用第一组和第二组电容获得L对电容 $\{m_1 \cdot C \text{ 和 } n_1 \cdot C\}$ 到 $\{m_L \cdot C \text{ 和 } n_L \cdot C\}$ 。在一种设计中,这L对电容可与不同的衰减量 G_1 到 G_L 相关联。每一对中的电容 $m_i \cdot C$ 和 $n_i \cdot C$ 可如式(3)和(4)中所示地基于该对的目标衰减量 G_i 来确定,其中 n_k 、 m_k 和 x_k 分别用 n_i 、 m_i 和 x_i 来替换。

[0057] 步进衰减器520可以通过选择电容器542和546的不同电容对来提供不同衰减量。最小衰减量可通过断开开关544和闭合开关548来获得。在此情形中,分流电容器442浮置,且串联电容器446被短路。最大衰减量可通过选择具有电容器542的最小电容 $m_L \cdot C$ 和电容器546的最大电容 $n_L \cdot C$ 的最后一个电容对来获得。其他衰减量可通过选择电容器542和546的其他电容对来获得。

[0058] 图6示出了具有恒定输入电容的步进衰减器620的示例性设计。步进衰减器620也可用于图1中的步进衰减器180或184或者图2中的步进衰减器220。在图6中所示的设计中,步进衰减器620包括串联耦合的K个衰减器区段640a到640K,其中K可以是任何整数值。每一个衰减器区段640包括 (i) 可变分流电容器642和开关644的串联组合以及 (ii) 可变串联电容器646和开关648的并联组合,其如以上针对图3所述地耦合。

[0059] 对于每一个衰减器区段640,可变分流电容器642可被设为第一组L个不同电容 $m_1 \cdot C$ 到 $m_L \cdot C$ 中的一个,其中L可以是任何整数值。可变串联电容器646也可被设为第二组L个不同电容 $n_1 \cdot C$ 到 $n_L \cdot C$ 中的一个。第一组中的第i个电容可与第二组中的第i个电容成对。每一对中的电容 $m_i \cdot C$ 和 $n_i \cdot C$ 可如式(3)和(4)中所示地基于该对的目标衰减量 G_i 来确定,其中 n_k 、 m_k 和 x_k 分别用 n_i 、 m_i 和 x_i 来替换。L对电容可与衰减器区段的不同衰减量 G_1 到 G_L 相关联。

[0060] 在一种设计中,所有K个衰减器区段640中的可变分流电容器642可与相同的第一组电容相关联。所有K个衰减器区段640中的可变串联电容器646也可与相同的第二组电容相关联。在此设计中,所有K个衰减器区段640可提供同一组K个不同的衰减量。每一个衰减器区段640可被设为该组K个不同的衰减量中的一个。

[0061] 在另一种设计中,不同衰减器区段640中的可变分流电容器642可与不同的第一组电容相关联。不同衰减器区段640中的可变串联电容器646也可与不同的第二组电容相关

联。在此设计中,每一个衰减器区段640可被设为该衰减器区段的一组K个不同衰减量中的一个。

[0062] 步进衰减器620可通过选择不同数量的衰减器区段640、或衰减器区段640的不同组合、和/或每一个被选择的衰减器区段640中电容器642和646的不同电容来提供不同的衰减量。在一种设计中,每一个衰减器区段可被选择或不被选择以提供粗略的衰减变化。每一个被选择的衰减器区段中的电容器可改变以提供精细的衰减变化。最小衰减量可通过不选择衰减器区段来获得。在此情形中,所有K个衰减器区段640a到640k中的分流电容器642a到642k浮置,且所有K个衰减器区段640a到640k中的串联电容器646a到646k被短路。最大衰减量可通过选择与所有K个衰减器区段640a到640k中的最大衰减量相关联的最后一个电容对来获得。其他衰减量可通过选择衰减器区段640的其他组合和/或每一个被选择的衰减器区段640的其他电容对来获得。

[0063] 图3-6示出了具有恒定输入电容的步进衰减器的四种示例性设计。一般而言,具有恒定输入电容的步进衰减器可包括任何数量的衰减器区段。每一个衰减器区段可包括(i)耦合在该衰减器区段的输入和电路接地之间的分流电容器以及(ii)耦合在该衰减器区段的输入和输出之间的串联电容器。每一个衰减器区段也可包括与分流电容器串联耦合的第一开关和与串联电容器并联耦合的第二开关。每一个电容器可具有固定电容或可变电容。分流电容器和串联电容器的电容可被选择以获得期望衰减量且无论衰减器区段是否被选择均维持大致恒定的输入电容。

[0064] 步进衰减器可包括多个衰减器区段,例如如图3、4和6中所示。在此情形中,不同的衰减器区段可具有相同的电容 $m \cdot C$ 和 $n \cdot C$ 并且在被选择时可提供相同的衰减量,例如如图3中所示。替换性地,不同的衰减器区段可具有不同的电容 $m_k \cdot C$ 和 $n_k \cdot C$ 并且在被选择时可提供不同的衰减量,例如如图4中所示。衰减器区段可包括固定电容器(例如,如图3和4中所示)或可变电容器(例如,如图6中所示)。步进衰减器也可包括一个或多个具有固定电容器的衰减器区段以及一个或多个具有可变电容器的附加衰减器区段。

[0065] 在图3到6中所示的示例性设计中,每一个衰减器区段是基于“R”电路拓扑来实现的并且包括(i)衰减器区段的输入和电路接地之间的分流电容器以及(ii)衰减器区段的输入和输出之间的串联电容器。每一个衰减器区段也可基于其他电路拓扑来实现。在另一个示例性设计中,每一个衰减器区段可基于“T”电路拓扑来实现并且包括(i)衰减器区段的输入和中间节点之间的第一电容器、(ii)中间节点和衰减器区段的输出之间的第二电容器、以及(iii)中间节点和电路接地之间的第三电容器。在又一个示例性设计中,每一个衰减器区段可基于“ π ”电路拓扑来实现并且包括(i)衰减器区段的输入和电路接地之间的第一电容器、(ii)衰减器区段的输入和输出之间的第二电容器、以及(iii)衰减器区段的输出和电路接地之间的第三电容器。每一个衰减器区段也可包括不同的和/或其他的电路组件。

[0066] 在图3到6中所示的示例性设计中,每一个衰减器区段可包括用来选择或不选择衰减器区段的开关。这些开关可用来(i)简单地将输入信号传递通过衰减器区段并且不提供衰减(即,0dB的衰减)或(ii)经由衰减器区段中的电容器来衰减输入信号。

[0067] 在另一种设计中,衰减器区段可以始终被选择以提供固定或可变的衰减量。始终被选择的衰减器区段可不包括开关并且可将其分流电容器直接耦合到电路接地(而不是经由分流开关)。该衰减器区段可包括具有固定电容的固定串联电容器和固定分流电容器并

可提供预定的衰减量。替换性地,该衰减器区段可包括具有可调电容的可变串联电容器和可变分流电容器并可提供可变的衰减量。在任一情形中,该衰减器区段可提供某个最小衰减量。步进衰减器可包括一个或多个始终被选择的衰减器区段且可随后提供某个最小衰减量。

[0068] 图3-6示出了用电容器实现的步进衰减器的示例性设计。步进衰减器也可用其他类型的电路组件来实现。举例而言,取代电容器或者除了电容器之外,步进衰减器可用电阻器、或电感器、或其他电路组件来实现。

[0069] 步进衰减器内的开关可按各种方式实现。举例而言,开关可用N沟道金属氧化物半导体 (NMOS) 晶体管、或P沟道金属氧化物半导体 (PMOS) 晶体管、或NMOS和PMOS晶体管二者、或其他类型的晶体管来实现。开关可用单个晶体管来实现。开关也可用以堆叠形式耦合的多个晶体管来实现以处理具有大电压摆幅的信号。堆叠中的每一个晶体管可仅观察电压摆幅的一部分并能够在其指定的电压极限内操作。开关也可用微机电系统 (MEMS) 结构、二极管、和/或其他电路组件来实现。

[0070] RF功率检测器可从步进衰减器接收输入RF信号并可提供指示输入RF信号的功率的包络信号。RF功率检测器可与功率检测器增益相关联,该功率检测器增益可以是包络信号与输入RF信号之间的转换增益。功率检测器增益应随温度尽可能少地变化,以提供对输入RF信号的准确功率测量。下面描述具有温度补偿并且随温度具有减小的功率检测器增益变化和提高了的准确性的RF功率检测器的示例性设计。

[0071] 图7示出了具有温度补偿的RF功率检测器700的示例性设计的示意图。RF功率检测器700可用于图1中的功率检测器182或186或者图2中的功率检测器240。RF功率检测器700包括耦合为差分对的两个增益NMOS晶体管720和730。NMOS晶体管720的源极耦合到电路接地、其栅极耦合到电阻器714的一端、且其漏极耦合到共源共栅MOS晶体管722的源极。NMOS晶体管730的源极耦合到电路接地、其栅极耦合到电阻器716的一端、且其漏极耦合到共源共栅MOS晶体管732的源极。电阻器714和716的另一端被耦合在一起并被施加第一栅极偏置电压 (V_{bias1})。NMOS晶体管722的栅极接收第二偏置电压 (V_{bias2}) 并且其漏极提供第一输出电流 (I_1)。NMOS晶体管732的栅极接收 V_{bias2} 电压并且其漏极提供第二输出电流 (I_2)。AC耦合电容器712的一端接收输入RF信号 (V_{in}) 且另一端耦合到NMOS晶体管720的栅极。电容器724耦合在NMOS晶体管720的漏极与电路接地之间。电容器726耦合在NMOS晶体管722的漏极与电路接地之间。偏置电压生成器740为NMOS晶体管720和730生成 V_{bias1} 电压并且为NMOS晶体管722和732生成 V_{bias2} 电压。

[0072] 功率检测器700在NMOS晶体管720的栅极处接收 V_{in} 信号并从NMOS晶体管722和732的漏极提供差分输出电流 (I_{out})。 I_{out} 电流与 V_{in} 信号的平方 (V_{in}^2) 之间的传递函数包括可依赖于温度的各项。可生成 V_{bias1} 和 V_{bias2} 电压以使得功率检测器增益随温度尽可能少地改变。适用于期望功率检测器增益的 V_{bias1} 和 V_{bias2} 电压可基于计算机模拟、经验测量等来确定。

[0073] 在示例性设计中,可生成 V_{bias1} 电压以随温度减小或与绝对温度互补 (CTAT)。在示例性设计中,可生成 V_{bias2} 电压以随温度增大或与绝对温度成比例 (PTAT)。在示例性设计中,可生成 V_{bias1} 和 V_{bias2} 电压以使得通过NMOS晶体管720和730中的每一者的偏置电流维持在特定范围内。限制偏置电流的变化可避免与功率检测器700的电压限幅和线性有关的可能问题。

[0074] 图7中的功率检测器700可具有各种优点,诸如宽带操作(例如,在一个示例性设计中从500MHz到2.7GHz)、宽动态范围、和低电流消耗。功率检测器700的功率检测器增益可随IC工艺、电源电压和温度(PVT)而变化,特别是随温度变化。功率检测器700可基于可变 V_{bias1} 和 V_{bias2} 电压而得到补偿以便减少功率检测器增益随温度的变化。

[0075] 在示例性设计中,一种装置(例如,无线设备、IC、电路模块等)可包括针对不同衰减量具有恒定输入电容的步进衰减器。该步进衰减器(例如,分别为图2、3、4、5或6中的步进衰减器220、320、420、520或620)可接收输入信号、提供对输入信号的可变衰减量、和提供输出信号。该装置还可包括耦合到步进衰减器的功率检测器。该功率检测器(例如,分别为图2或7中的功率检测器240或700)可接收该输出信号并确定该输出信号的功率。

[0076] 在示例性设计中,步进衰减器可包括多个串联耦合的衰减器区段,例如如图3、4或6中所示。每个衰减器区段可包括多个电容器并可具有恒定输入电容。该多个衰减器区段中的至少一个可被选择或不被选择以获得步进衰减器的所选衰减量。

[0077] 在一种设计中,每一个衰减器区段可包括分流电容器、串联电容器、以及第一和第二开关。分流电容器和第一开关(例如,图3中的电容器342a和开关344a)可串联地耦合在衰减器区段的输入与电路接地之间。串联电容器和第二开关(例如,图3中的电容器346a和开关348a)可并联地耦合在衰减器区段的输入和输出之间。

[0078] 每一个衰减器区段可包括具有第一电容值的分流电容器和具有第二电容值的串联电容器。在一种设计中,第一和第二电容值可以是固定值(例如,如图3或4中所示)。可选择这些固定值以获得恒定的输入电容以及衰减器区段的目标衰减量。在一种设计中,该多个衰减器区段可包括多个具有相同的第一电容值的分流电容器和多个具有相同的第二电容值的串联电容器(例如,如图3中所示)。在另一种设计中,该多个衰减器区段可包括多个具有不同的第一电容值的分流电容器和多个具有不同的第二电容值的串联电容器(例如,如图4中所示)。

[0079] 在另一种设计中,该多个衰减器区段可包括至少一个可调衰减器区段(例如,如图6中所示)。每一个可调衰减器区段可包括可变分流电容器、可变串联电容器、以及第一和第二开关。可变分流电容器和第一开关(例如,图6中的电容器642a和开关644a)可串联地耦合在可调衰减器区段的输入和电路接地之间。可变串联电容器和第二开关(例如,图6中的电容器646a和开关648a)可并联地耦合在可调衰减器区段的输入和输出之间。可变分流电容器可被设为第一组电容值中的一个。可变串联电容器可被设为第二组电容值中的一个。第一组中的每一个电容值可与第二组中的一个电容值成对。每一个可调衰减器区段可支持多个不同的衰减量,该多个不同的衰减量可由用可变分流电容器的第一组电容值和可变串联电容器的第二组电容值形成的多对电容值来确定。

[0080] 每一个衰减器区段可基于“R”电路拓扑来实现,例如如图3到6中所示。每一个衰减器区段也可基于“T”电路拓扑、或“ π ”电路拓扑、或某个其他电路拓扑来实现。

[0081] 一般而言,步进衰减器的每一个衰减器区段可以是固定的衰减器区段、或可调衰减器区段、或始终被选择的衰减器区段。固定的衰减器区段在被选择时可提供预定的衰减量(例如,如图3和4中所示)。可调衰减器区段在被选择时可提供多个不同的衰减量中的一个(例如如图6中所示)。始终被选择的衰减器区段可始终被选择以提供固定或可变的衰减量。

[0082] 在一种设计中,该多个衰减器区段中的每一个可以是固定的衰减器区段(例如,如图3和4中所示)。在另一种设计中,该多个衰减器区段中的每一个可以是可调衰减器区段(例如,如图6中所示)。在又一种设计中,该多个衰减器区段可包括至少一个固定的衰减器区段和至少一个可调衰减器区段。在另一种设计中,该多个衰减器区段可包括至少一个始终被选择的衰减器区段。

[0083] 在另一种设计中,步进衰减器可包括单个衰减器区段(例如,如图5中所示)。此衰减器区段可包括可变分流电容器、可变串联电容器、以及第一和第二开关。可变分流电容器和第一开关(例如,电容器542和开关544)可串联地耦合在衰减器区段的输入和电路接地之间耦合。可变串联电容器和第二开关(例如,电容器546和开关548)可并联地耦合在衰减器区段的输入和输出之间。

[0084] 在一种设计中,步进衰减器可包括提供固定衰减量的输入区段。该输入区段(例如,图5中的输入区段530)可包括耦合为分压网络的至少两个电容器。

[0085] 图8示出用于执行信号衰减和功率检测的过程800的示例性设计。输入信号可用步进衰减器来衰减以获得输出信号(框812)。步进衰减器可为输入信号提供可变衰减量。可针对不同衰减量为步进衰减器维持恒定的输入电容(框814)。输出信号的功率可用功率检测器来检测(框816)。

[0086] 在一种设计中,步进衰减器可包括多个衰减器区段。每个衰减器区段可包括多个电容器并可具有恒定输入电容。该多个衰减器区段中的至少一个可被选择以获得对输入信号的所选衰减量。在一种设计中,该至少一个衰减器区段可包括可调衰减器区段,该可调衰减器区段包括可变分流电容器和可变串联电容器的。可为可变分流电容器选择第一组电容值中的一个并且可为可变串联电容器选择第二组电容值中的一个以获得对输入信号的所选衰减量。

[0087] 本领域技术人员将理解,信息和信号可使用各种不同技术和技艺中的任何一种来表示。例如,以上描述通篇可能引述的数据、指令、命令、信息、信号、位(比特)、码元、和码片可由电压、电流、电磁波、磁场或磁粒子、光场或光学粒子、或其任何组合来表示。

[0088] 技术人员将进一步领会,结合本文公开所描述的各种解说性逻辑框、模块、电路、和算法步骤可被实现为电子硬件、计算机软件、或两者的组合。为清楚地解说硬件与软件的这一可互换性,各种解说性组件、块、模块、电路、和步骤在上面是以其功能性的形式作一般化描述的。此类功能性是被实现为硬件还是软件取决于具体应用和施加于整体系统的设计约束。技术人员可针对每种特定应用以不同方式来实现所描述的功能性,但此类实现决策不应被解读为致使脱离本发明的范围。

[0089] 结合本文的公开所描述的各种解说性逻辑框、模块、以及电路可用被设计成用于执行本文中描述的功能的通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或其他可编程逻辑器件、分立的门或晶体管逻辑、分立的硬件组件、或其任何组合来实现或执行。通用处理器可以是微处理器,但在替换方案中,处理器可以是任何常规的处理器、控制器、微控制器、或状态机。处理器还可以被实现为计算设备的组合,例如DSP与微处理器的组合、多个微处理器、与DSP核心协同的一个或多个微处理器或任何其它此类配置。

[0090] 结合本文的公开所描述的方法或算法的步骤可直接在硬件中、在由处理器执行的

软件模块中、或在这两者的组合中实施。软件模块可驻留在RAM存储器、闪存、ROM存储器、EPROM存储器、EEPROM存储器、寄存器、硬盘、可移动盘、CD-ROM、或本领域中所知的任何其他形式的存储介质中。示例性存储介质耦合到处理器以使得该处理器能从/向该存储介质读写信息。替换地，存储介质可以被整合到处理器。处理器和存储介质可驻留在ASIC中。ASIC可驻留在用户终端中。替换地，处理器和存储介质可作为分立组件驻留在用户终端中。

[0091] 在一个或多个示例性设计中，所描述的功能可以在硬件、软件、固件、或其任何组合中实现。如果在软件中实现，则各功能可以作为一条或多条指令或代码存储在计算机可读介质上或藉其进行传送。计算机可读介质包括计算机存储介质和通信介质两者，包括促成计算机程序从一地向另一地传递的任何介质。存储介质可以是能被通用或专用计算机访问的任何可用介质。作为示例而非限定，此类计算机可读介质可包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其他光盘存储、磁盘存储或其他磁存储设备、或能被用来携带或存储指令或数据结构形式的期望程序代码手段且能被通用或专用计算机、或者通用或专用处理器访问的任何其他介质。任何连接也被正当地称为计算机可读介质。例如，如果软件是使用同轴电缆、光纤电缆、双绞线、数字订户线(DSL)、或诸如红外、无线电、以及微波之类的无线技术从web网站、服务器、或其它远程源传送而来，则该同轴电缆、光纤电缆、双绞线、DSL、或诸如红外、无线电、以及微波之类的无线技术就被包括在介质的定义之中。如本文中所使用的，盘(disk)和碟(disc)包括压缩碟(CD)、激光碟、光碟、数字多用碟(DVD)、软盘和蓝光碟，其中盘(disk)往往以磁的方式再现数据，而碟(disc)用激光以光学方式再现数据。上述组合应当也被包括在计算机可读介质的范围内。

[0092] 提供对本公开的先前描述是为了使得本领域任何技术人员皆能够制作或使用本公开。对本发明的各种修改对本领域技术人员来说将是显而易见的，且本文中所定义的普适原理可被应用到其它变体而不会脱离本发明的精神或范围。由此，本公开并非旨在被限定于本文中所描述的示例和设计，而是应被授予与本文中所公开的原理和新颖性特征相一致的最广范围。

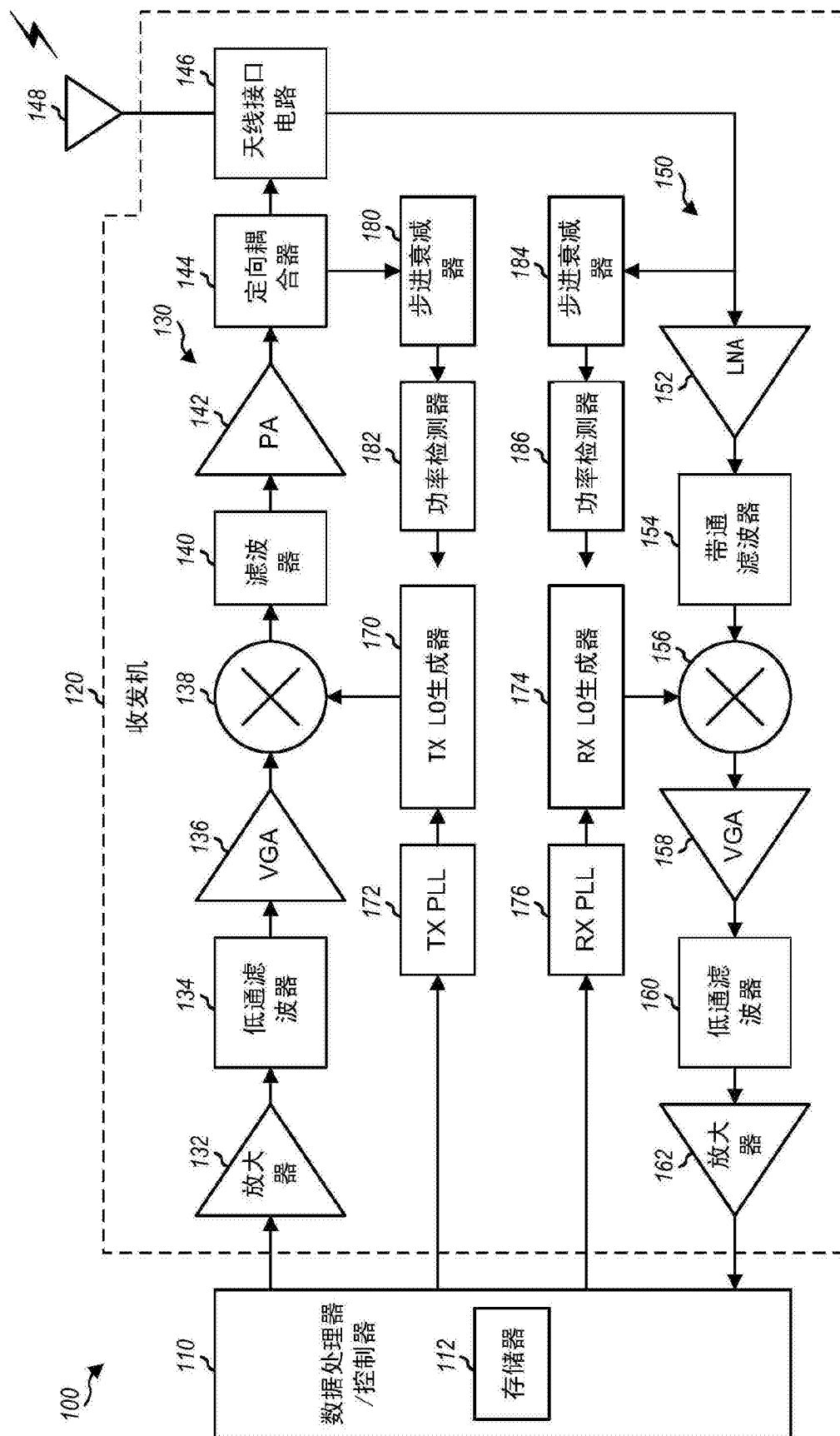


图1

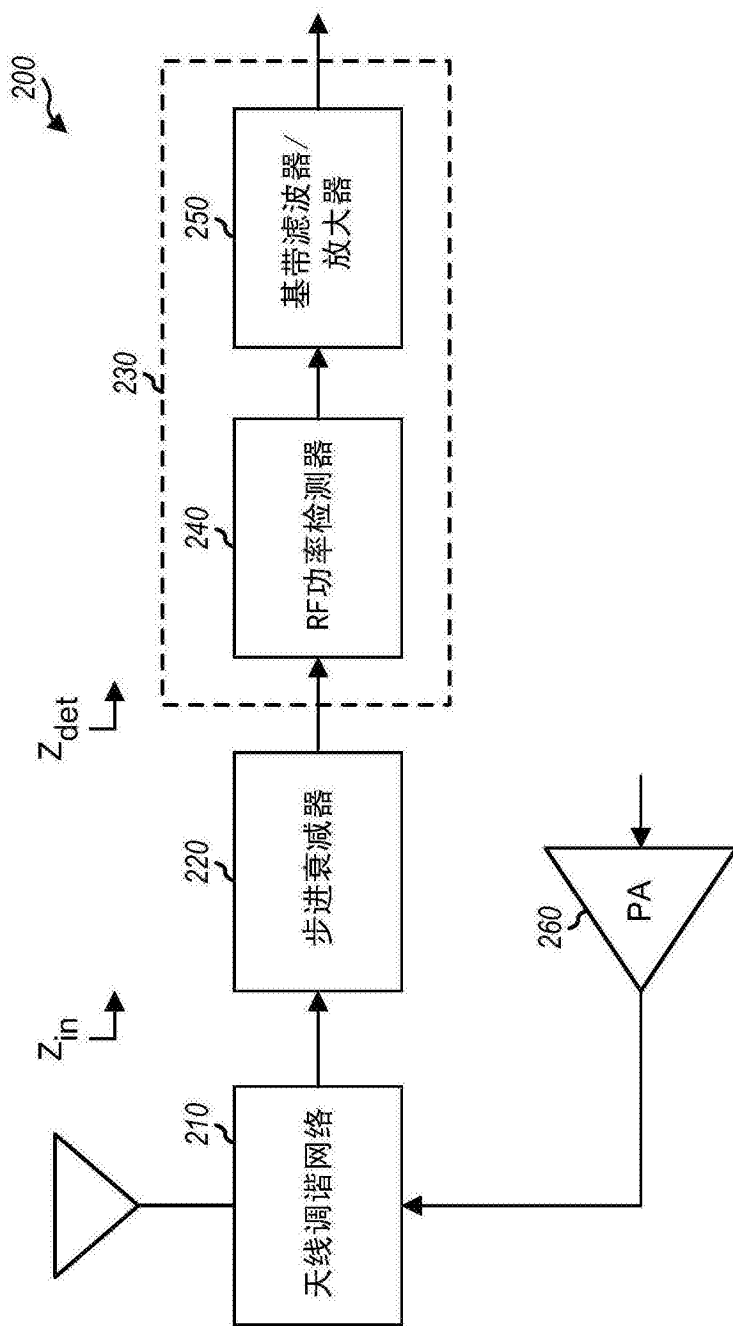


图2

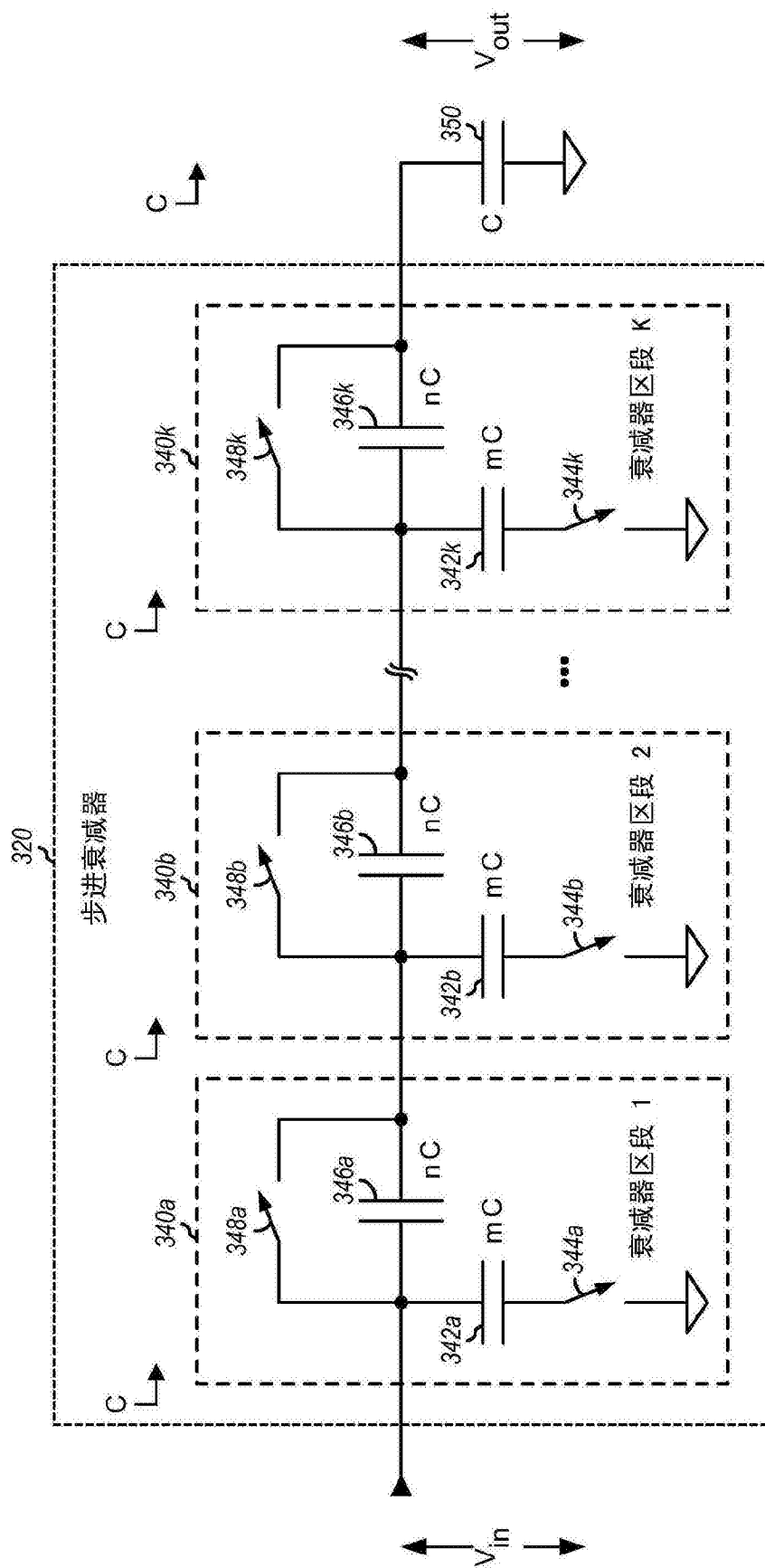


图3

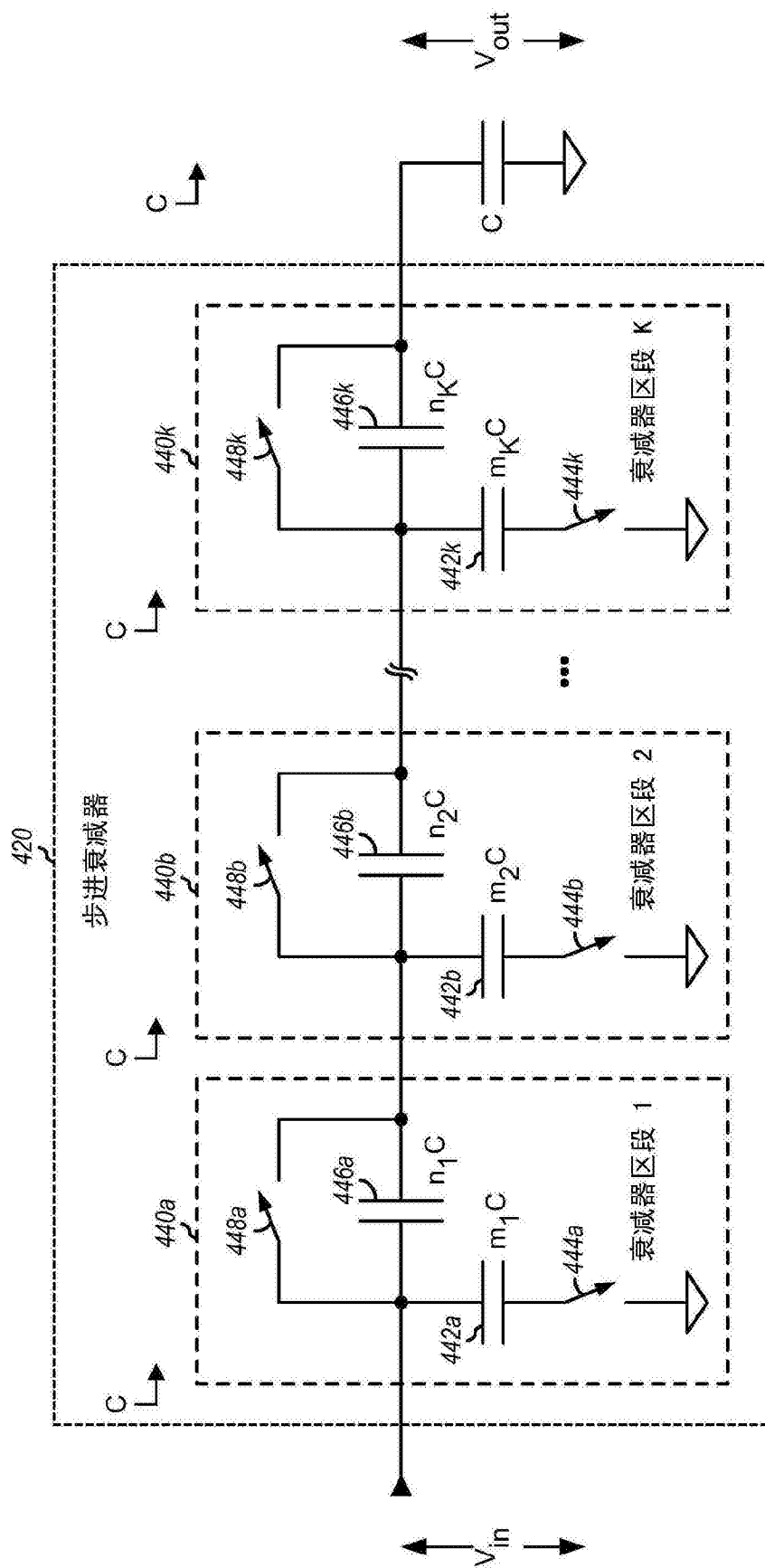


图4

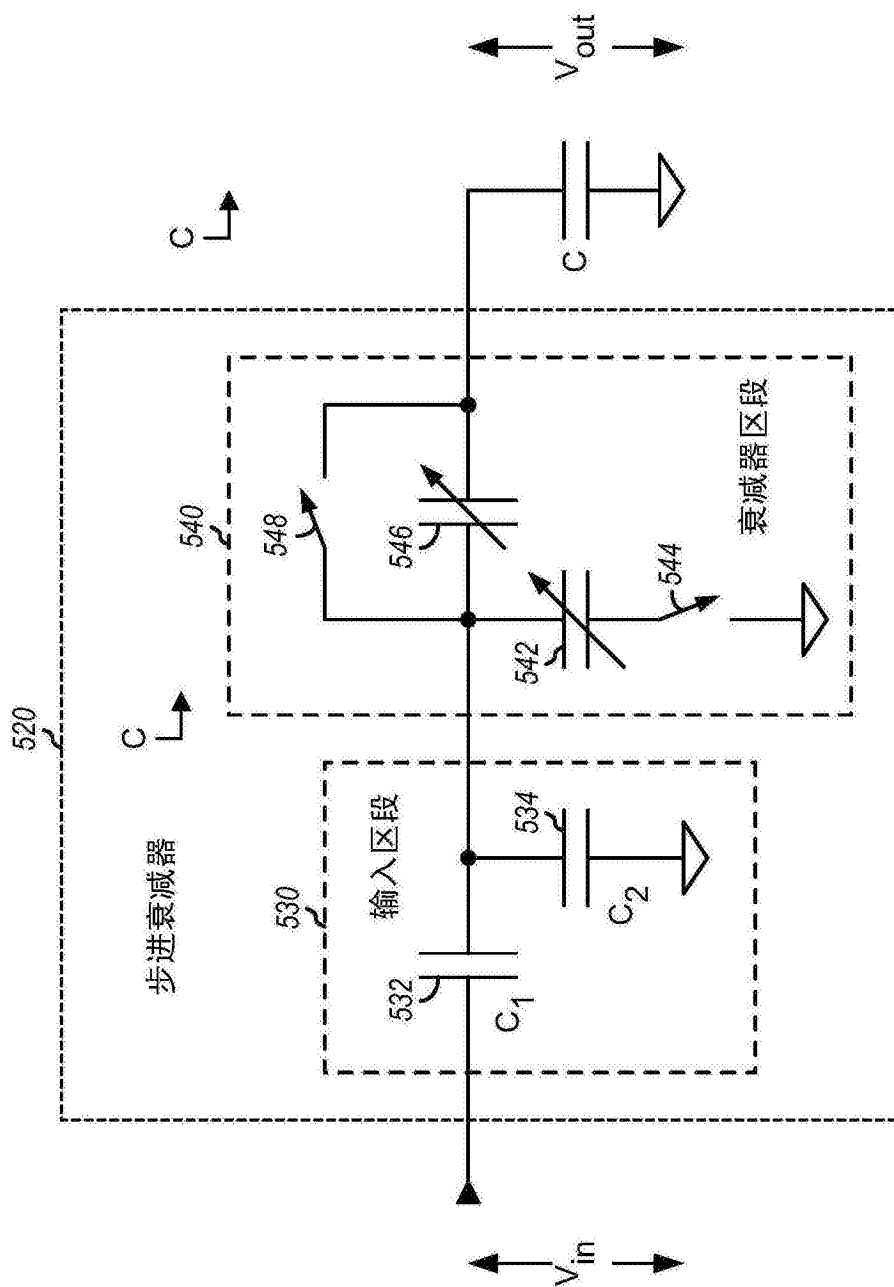


图5

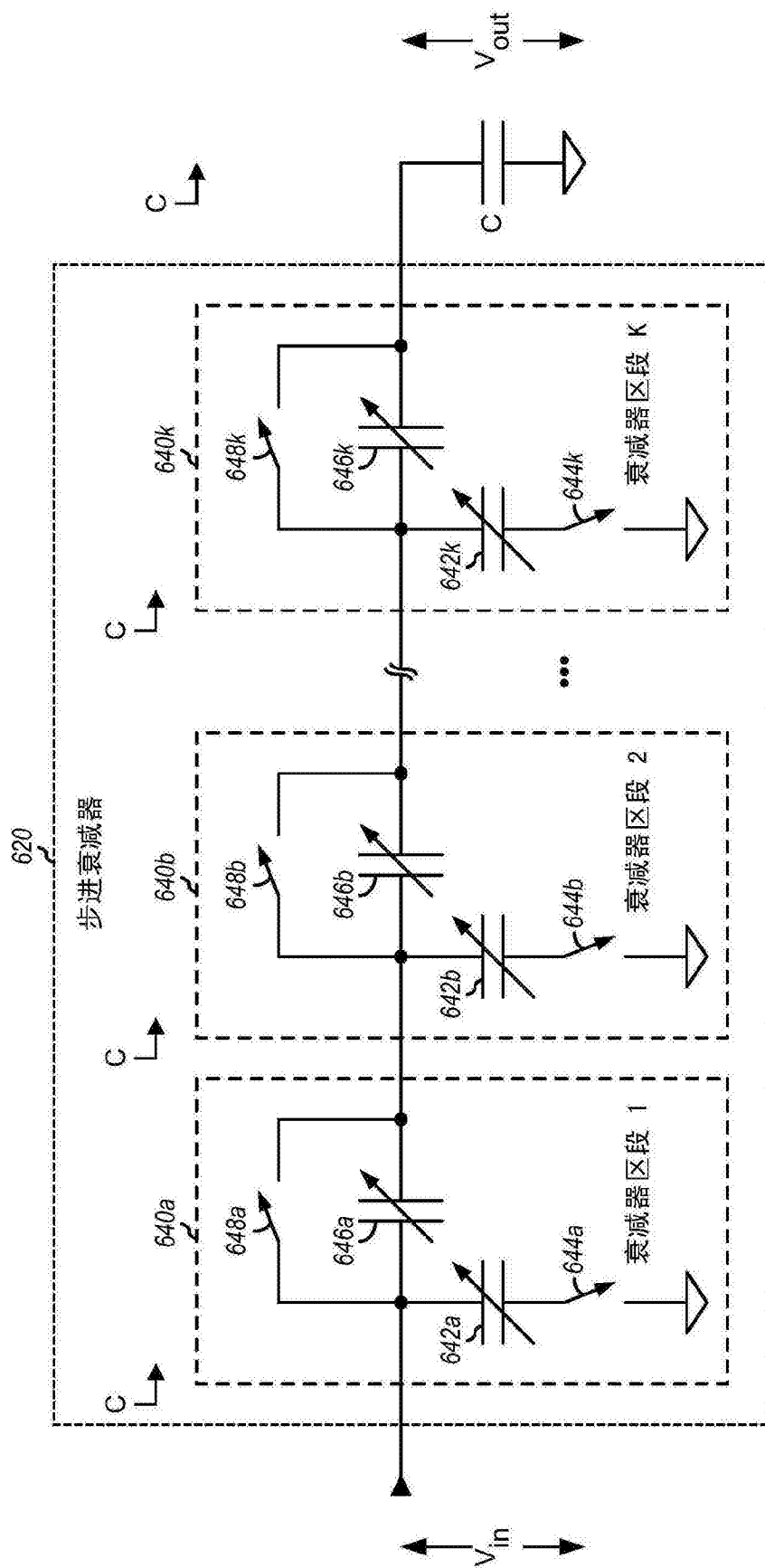


图6

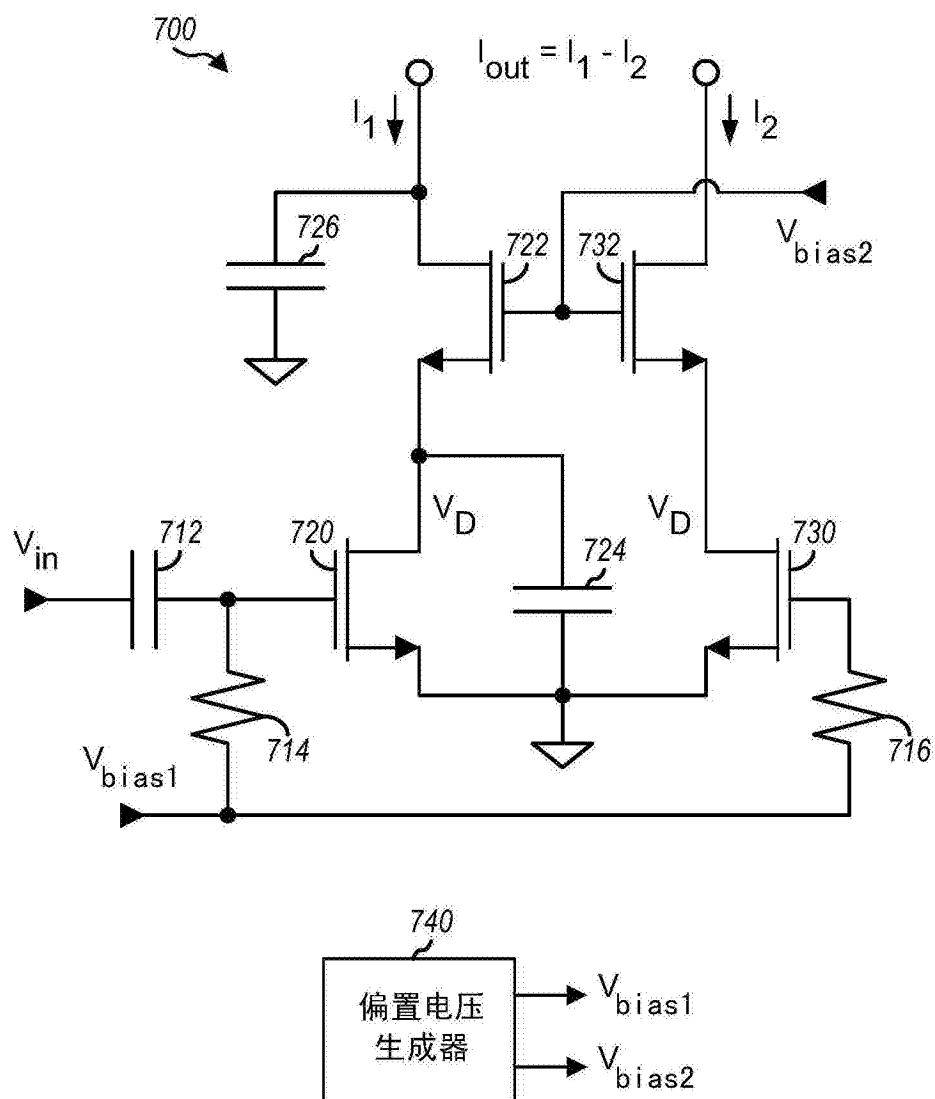


图7

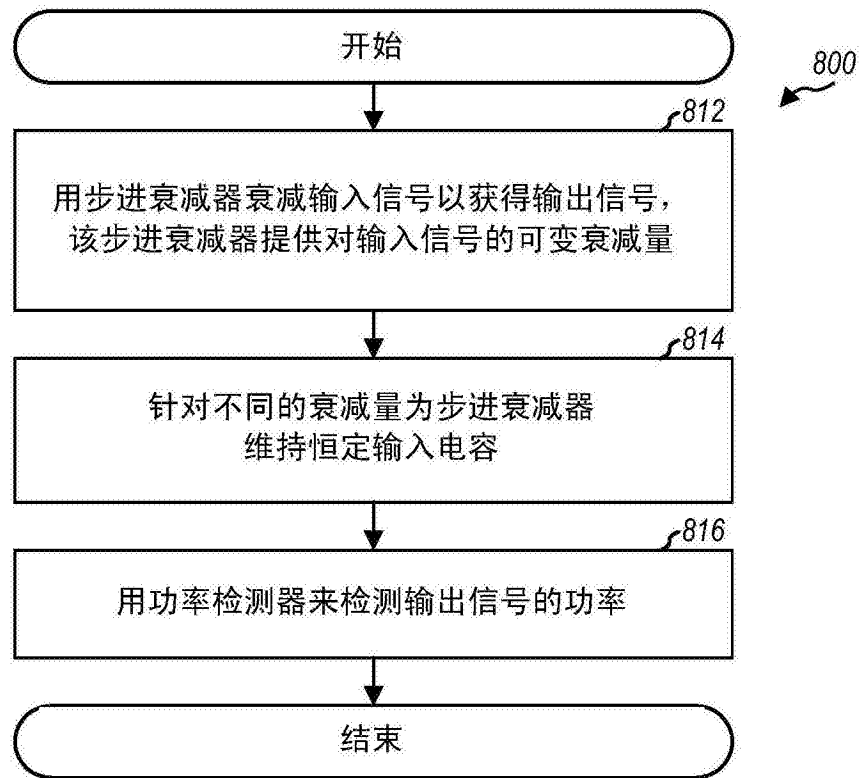


图8